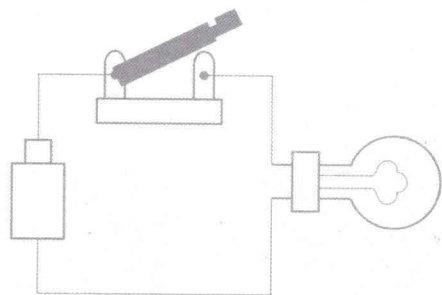


# 图解 易学

助你轻松迈入电工电子技术的大门

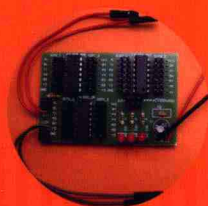
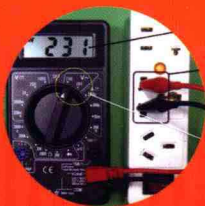
双色图解·重在应用



# 电子技术

蔡杏山 主编

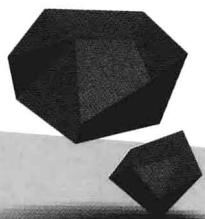
双色版



TUJIE  
YIXUE  
DIANZI  
JISHU



化学工业出版社



# 电子技术

蔡杏山 主编

双色版



化学工业出版社

·北京·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

图解易学电子技术 (双色版) / 蔡杏山主编. —北京:  
化学工业出版社, 2011. 9

ISBN 978-7-122-11620-8

I. 图… II. ①蔡… III. 电子技术-图解 IV. TN-64

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第 122885 号

---

责任编辑: 李军亮  
责任校对: 周梦华

装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张13<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数290千字 2012年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 36.00元

版权所有 违者必究

电子技术应用日益广泛，“电子技术无处不在”，小到身边的MP3，大到“神舟六号”飞船，无一不有电子技术的身影。电子技术应用到社会的众多领域，根据电子技术的应用领域不同，可分为家庭消费电子技术、通信电子技术、工业控制电子技术、机械电子技术、医疗电子技术、汽车电子技术、电脑及数码电子技术、军事科技电子技术……

学习电子技术有什么用呢？有相当一部分人认为学习电子技术目的是从事家电维修，其实家电维修只是电子技术应用的冰山一角。在电子技术的各个应用领域都存在着各种各样电子设备，在每种产品出现前需要研发人员将它设计出来，然后由工厂技术工人将它生产出来，在生产过程的各种技术问题由工程师和技术员来解决，如果生产出来的电子设备不能正常工作，需要工厂的修理工将它修好，产品卖给用户后出现故障需要维修人员将它修好，这里的研发人员、工程师、技术人员、修理工、技术工人和维修人员都需要懂电子技术。学好电子技术后，你可以很容易去很多企业（不仅仅是电子企业）应聘与电子技术有关的工作，也可以自己开电子产品维修公司。

既然学好电子技术对就业和创业都非常有利，那怎样学习电子技术呢？首先我们要明白：电子技术广泛用在众多领域，但各种领域中的电子技术基础是一样的。如果将电视机、数码相机、移动电话、汽车电路控制系统、工厂的数控机床控制电路和神舟六号飞船的控制电路解剖开来，你就会发现：它们都是由各种电子元器件和各种电子电路组成的。它们各自功能不同，是因为组成它们的电子元器件和电子电路有区别。如果将一台大型复杂的电子设备当作一本书，中型电子设备就像一篇文章，小型电子设备则可看作是一个句子，不管是一本书、一篇文章、还是一个句子，它们都是由字和词组组合而成，这里的字相当于电子元器件，词相当于基础电子电路。掌握了电子元器件、电子电路及它们的组合规律，你就可以设计出各种电子设备，如果需要调试或维修电子设备，需要掌握电子测量仪器。

本书由蔡杏山主编，蔡玉山、詹春华、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、黄勇、刘凌云、邵永亮、刘元能、何彬和刘海峰等也参与了部分内容的编写工作。

电子技术是一门博大精深的技术，本书可让你从零开始学习电子技术，轻松快速迈入电子技术殿堂。为了让读者能逐渐成为电子技术领域高手，可以继续学习我们后续推出图书，有关新书信息可登录我们的学习辅导网站 [www.eTV100.com](http://www.eTV100.com) 了解，读者在学习过程中遇到问题也可在该网站向我们提问，也可发邮件至 [qdlea2004@163.com](mailto:qdlea2004@163.com) 与本书编辑联系！

- 1.1 基本常识 /1
  - 1.1.1 电路与电路图 /1
  - 1.1.2 电流与电阻 /2
  - 1.1.3 电位、电压和电动势 /3
  - 1.1.4 电路的三种状态 /5
  - 1.1.5 接地与屏蔽 /6
- 1.2 欧姆定律 /7
  - 1.2.1 部分电路欧姆定律 /7
  - 1.2.2 全电路欧姆定律 /9
- 1.3 电功、电功率和焦耳定律 /10
  - 1.3.1 电功 /10
  - 1.3.2 电功率 /10
  - 1.3.3 焦耳定律 /11
- 1.4 电阻的连接方式 /12
  - 1.4.1 电阻的串联 /12
  - 1.4.2 电阻的并联 /13
  - 1.4.3 电阻的混联 /14
- 1.5 直流电与交流电 /14
  - 1.5.1 直流电 /14
  - 1.5.2 交流电 /15

- 2.1 指针万用表的使用 /21
  - 2.1.1 面板介绍 /21
  - 2.1.2 指针式万用表的测量原理 /23
  - 2.1.3 使用前的准备工作 /26
  - 2.1.4 测量直流电压 /27
  - 2.1.5 测量交流电压 /29
  - 2.1.6 测量直流电流 /29
  - 2.1.7 测量电阻 /31
  - 2.1.8 万用表使用注意事项 /32
- 2.2 数字万用表的使用 /33
  - 2.2.1 面板介绍 /33
  - 2.2.2 测量直流电压 /34
  - 2.2.3 测量交流电压 /35
  - 2.2.4 测量电阻 /36

- 3.1 电阻器 /38
  - 3.1.1 固定电阻器 /38
  - 3.1.2 电位器 /44
  - 3.1.3 敏感电阻器 /47
- 3.2 变压器 /52
  - 3.2.1 外形与符号 /52
  - 3.2.2 结构、原理和功能 /53
  - 3.2.3 特殊绕组变压器 /55
  - 3.2.4 种类 /56
  - 3.2.5 主要参数 /58
  - 3.2.6 检测 /59

### 3.3 电感器 /61

3.3.1 外形与符号 /61

3.3.2 主要参数与标注方法 /61

3.3.3 性质 /63

3.3.4 种类 /65

3.3.5 检测 /67

### 3.4 电容器 /68

3.4.1 结构、外形与符号 /68

3.4.2 主要参数 /68

3.4.3 性质 /69

3.4.4 种类 /72

3.4.5 电容器的串联与并联 /76

3.4.6 容量与误差的标注方法 /78

3.4.7 常见故障及检测 /79

### 3.5 二极管 /81

3.5.1 半导体 /81

3.5.2 二极管 /82

3.5.3 发光二极管 /87

3.5.4 光敏二极管 /89

3.5.5 稳压二极管 /90

3.5.6 变容二极管 /92

### 3.6 三极管 /93

3.6.1 外形与符号 /93

3.6.2 结构 /94

3.6.3 电流、电压规律 /95

3.6.4 放大原理 /98

3.6.5 三种状态说明 /99

3.6.6 主要参数 /103

3.6.7 检测 /105

3.6.8 三极管型号命名方法 /109

### 3.7 其他常用元器件 /110

3.7.1 天线 /110

3.7.2 陶瓷滤波器 /110

3.7.3 开关 /111

3.7.4 保险丝 /111

3.7.5 话筒 /112

3.7.6 扬声器 /113

3.7.7 晶闸管 /114

3.7.8 光电耦合器 /116

3.7.9 集成电路 /117

## 第 4 章

### 基础电子电路



119

4.1 放大电路 /119

4.1.1 固定偏置放大电路 /119

4.1.2 电压负反馈放大电路 /121

4.1.3 分压式偏置放大电路 /122

4.1.4 交流放大电路 /123

4.2 谐振电路 /125

4.2.1 串联谐振电路 /125

4.2.2 并联谐振电路 /127

4.3 振荡器 /129

4.3.1 振荡器组成与原理 /129

4.3.2 变压器反馈式振荡器 /130

4.4 电源电路 /131

4.4.1 电源电路的组成 /131

4.4.2 整流电路 /132

4.4.3 滤波电路 /135

4.4.4 稳压电路 /139

## 第 5 章

### 无线电广播与收音机



142

5.1 无线电波 /142



- 5.1.1 水波与无线电波 /142
- 5.1.2 无线电波的划分 /143
- 5.1.3 无线电波的传播规律 /144
- 5.2 无线电波的发送与接收 /145
  - 5.2.1 无线电波的发送 /145
  - 5.2.2 无线电波的接收 /147
- 5.3 收音机的电路原理 /148
  - 5.3.1 调幅收音机的组成方框图 /148
  - 5.3.2 调幅收音机单元电路分析 /150
  - 5.3.3 收音机整机电路分析 /159

## 第 6 章

## 电子技术实践



162

- 6.1 实践入门 /162
  - 6.1.1 电烙铁 /162
  - 6.1.2 焊料与助焊剂 /164
  - 6.1.3 印制电路板 /165
  - 6.1.4 元件的焊接与拆卸 /167
- 6.2 收音机的组装与调试 /169
  - 6.2.1 收音机套件介绍 /169
  - 6.2.2 收音机的组装 /170
  - 6.2.3 收音机的调试 /173
- 6.3 电路的基本检修方法 /174
  - 6.3.1 直观法 /174
  - 6.3.2 电阻法 /174
  - 6.3.3 电压法 /176
  - 6.3.4 电流法 /178
  - 6.3.5 信号注入法 /180
  - 6.3.6 断开电路法 /181
  - 6.3.7 短路法 /181
  - 6.3.8 代替法 /182

- 7.1 数字电路基础 /185
  - 7.1.1 模拟信号与数字信号 /185
  - 7.1.2 正逻辑与负逻辑 /186
  - 7.1.3 三极管的3种工作状态 /186
- 7.2 门电路 /188
  - 7.2.1 基本门电路 /188
  - 7.2.2 复合门电路 /193
- 7.3 数字电路实验与应用 /196
  - 7.3.1 门电路实验板 /196
  - 7.3.2 举重比赛裁决器 /200

# 第 1 章

## 电子技术基础

### 1.1 基本常识

#### 1.1.1 电路与电路图

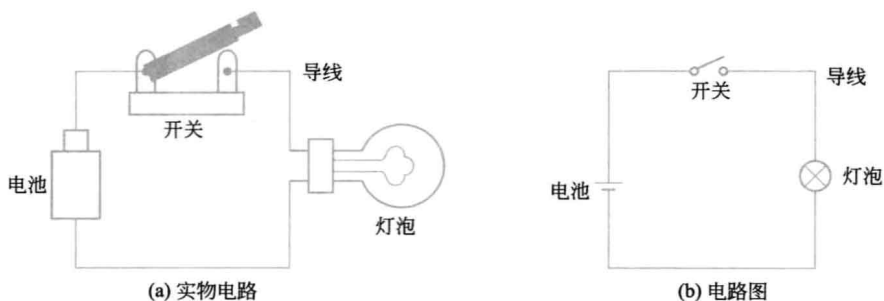


图 1-1 一个简单的电路

#### 电路和电路图说明

图 1-1 (a) 是一个简单的实物电路, 该电路由电源、开关、导线和灯泡组成。电源的作用是提供电能; 开关、导线的作用是控制和传递电能, 称为中间环节; 灯泡是消耗电能的用电器, 它能将电能转变为光能, 称为负载。因此, 电路是由电源、中间环节和负载组成的。

图 1-1 (a) 为电路实物图, 使用实物图来绘制电路很不方便, 为此人们就用一些简单的图形符号代替实物的方法来画电路, 这样画出的图形就称为电路图。图 1-1 (b) 所示的图形就是图 1-1 (a) 实物电路的电路图, 不难看出, 用电路图来表示实际的电路非常方便。

## 1.1.2 电流与电阻

## (1) 电流



图1-2 电流说明图

## 电流说明

在图1-2电路中，将开关闭合，灯泡会发光，为什么会这样呢？下面就来解释其中的原因。

当开关闭合时，电源正极会流出大量的电荷，它们经过导线、开关流进灯泡，再从灯泡流出，回到电源的负极，这些电荷在流经灯泡内的钨丝时，钨丝会发热，温度急剧上升而发光。

大量的电荷朝一个方向移动（也称定向移动）就形成了电流，这就像公路上有大量的汽车朝一个方向移动就形成“车流”一样。一般把正电荷在电路中的移动方向规定为电流的方向。图1-2电路的电流方向是：电源正极→开关→灯泡→电源的负极。

电流通常用字母“ $I$ ”表示，单位为安培（简称安，用“ $A$ ”表示），比安培小的单位有毫安（ $mA$ ）、微安（ $\mu A$ ），它们之间的关系： $1A=10^3mA=10^6\mu A$ 。

## (2) 电阻

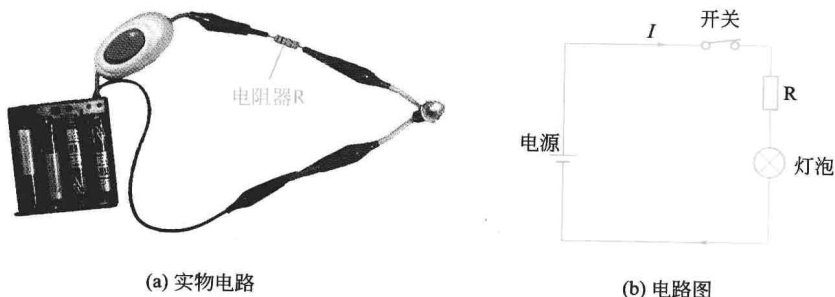


图1-3 电阻说明图

## 电阻说明

在图1-3 (a) 电路中, 给电路增加一个元器件——电阻器, 发现灯光会变暗, 该电路的电路图如图1-3 (b) 所示。为什么在电路中增加了电阻器后, 灯泡会变暗呢? 原来电阻器对电流有一定的阻碍, 从而使流过灯泡的电流减少, 灯泡就会变暗。

导体对电流的阻碍称为该导体的电阻, 电阻通常用字母“R”表示, 电阻单位为欧姆 (简称欧), 用“ $\Omega$ ”表示, 比欧姆大的单位有千欧 ( $k\Omega$ )、兆欧 ( $M\Omega$ ), 它们之间关系是:  $1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$ 。

导体的电阻计算公式为:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中,  $L$  为导体长度, m;  $S$  为导体的横截面积,  $m^2$ ;  $\rho$  为导体的电阻率,  $\Omega \cdot m$ , 不同的导体,  $\rho$  值一般不同。

表1-1列出了一些常见导体的电阻率 (20℃时)。在长度  $L$  和横截面积  $S$  相同的情况下, 电阻率越大的导体其电阻越大, 例如  $L$ 、 $S$  相同的铁导线和铜导线, 铁导线的电阻约是铜导线5.9倍, 由于铁导线的电阻率较铜导线大很多, 为了使负载得到较大电流和减小供电线路损耗, 所以供电线路通常采用铜导线。

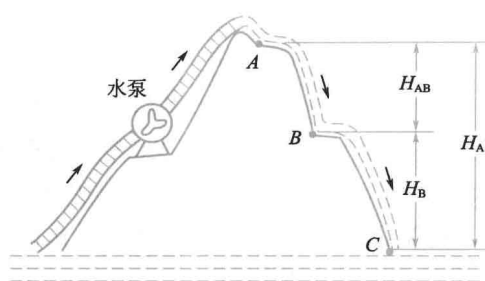
表1-1 一些常见导体的电阻率 (20℃时)

导体	电阻率/ $\Omega \cdot m$	导体	电阻率/ $\Omega \cdot m$
银	$1.62 \times 10^{-8}$	锡	$11.4 \times 10^{-8}$
铜	$1.69 \times 10^{-8}$	铁	$10.0 \times 10^{-8}$
铝	$2.83 \times 10^{-8}$	铅	$21.9 \times 10^{-8}$
金	$2.4 \times 10^{-8}$	汞	$95.8 \times 10^{-8}$
钨	$5.51 \times 10^{-8}$	碳	$3500 \times 10^{-8}$

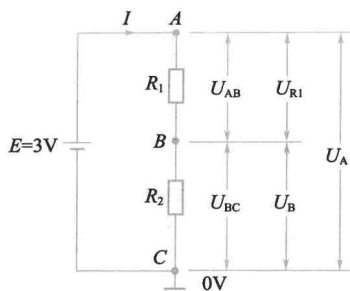
导体的电阻除了与材料有关外, 还受温度影响。一般情况下, 导体温度越高电阻越大, 例如常温下灯泡 (白炽灯) 内部钨丝的电阻很小, 通电后钨丝的温度升到千度以上, 其电阻急剧增大; 导体温度下降电阻减小, 某些金属材料在温度下降到某一值时 (如  $-109^\circ\text{C}$ ), 电阻会突然变为零, 这种现象称为超导现象, 具有这种性质的材料称为超导材料。

### 1.1.3 电位、电压和电动势

电位、电压和电动势对初学者较难理解, 下面通过图1-4来说明这些术语。



(a) 水流示意图



(b) 含电位、电压和电动势的电路

图1-4 电位、电压和电动势说明图

## 电位、电压和电动势说明

在图1-4(a)中,水泵将河中的水抽到山顶的A处,水到达A处后再流到B处,水到B处后流往C处(河中),然后水泵又将河中的水抽到A处,这样使得水不断循环流动。水为什么能从A处流到B处,又从B处流到C处呢?这是因为A处水位较B处水位高,B处水位较C处水位高。

要测量A处和B处水位的高度,必须先要找一个基准点(零点),就像测量人身高要选择脚底为基准点一样,这里以河的水面为基准(C处)。AC之间的垂直高度为A处水位的高度,用 $H_A$ 为示,BC之间的垂直高度为B处水位的高度,用 $H_B$ 为表示,由于A处和B处水位高度不一样,它们存在着水位差,该水位差用 $H_{AB}$ 表示,它等于A处水位高度 $H_A$ 与B处水位高度 $H_B$ 之差,即 $H_{AB}=H_A-H_B$ 。为了让A处源源不断有水往B、C处流,需要水泵将低水位的河中的水抽到高处的A点,这样做水泵是需要消耗能量的(如耗油)。

### (1) 电位

电路中的电位、电压和电动势与上述水流情况很相似。如图1-4(b)所示,电源的正极输出电流,流到A点,再经 $R_1$ 流到B点,然后通过 $R_2$ 流到C点,最后流到电源的负极。

与图1-4(a)水流示意图相似,图1-1(b)电路中的A、B点也有高低之分,只不过不是水位,而称作电位,A点电位较B点电位高。为了计算电位的高低,也需要找一个基准点作为零点,为了表明某点为零基准点,通常在该点处画一个“⊥”符号,该符号称为接地符号,接地符号处的电位规定为0V,电位单位不是米,而是伏特(简称为伏),用V表示。在图1-4(b)电路中,以C点为0V(该点标有接地符号),A点的电位为3V,表示为 $U_A=3V$ ,B点电位为1V,表示为 $U_B=1V$ 。

### (2) 电压

图1-4(b)电路中的A点和B点的电位是不同的,有一定的差距,这种电位之间的差距称为电位差,又称电压。A点和B点之间的电位差用 $U_{AB}$ 表示,它等于A点电



位  $U_A$  与  $B$  点电位  $U_B$  的差, 即  $U_{AB}=U_A-U_B=3V-1V=2V$ 。因为  $A$  点和  $B$  点电位差实际上就是电阻器  $R_1$  两端的电位差 (即电压),  $R_1$  两端的电压用  $U_{R_1}$  表示, 所以  $U_{AB}=U_{R_1}$ 。

### (3) 电动势

为了让电路中始终有电流流过, 电源需要在内部将流到负极的电流源源不断“抽”到正极, 使电源正极具有较高的电位, 这样正极才会输出电流。当然, 电源内部将负极的电流“抽”到正极需要消耗能量 (如干电池会消耗掉化学能)。电源消耗能量在两极建立的电位差称为电动势, 电动势的单位也为伏特, 图 1-4 (b) 电路中电源的电动势为  $3V$ 。

由于电源内部的电流方向是由负极流向正极, 故电源的电动势方向规定为从负极指向正极。

## 1.1.4 电路的三种状态

电路有三种状态: 通路、开路和短路, 这三种状态的电路如图 1-5 所示。

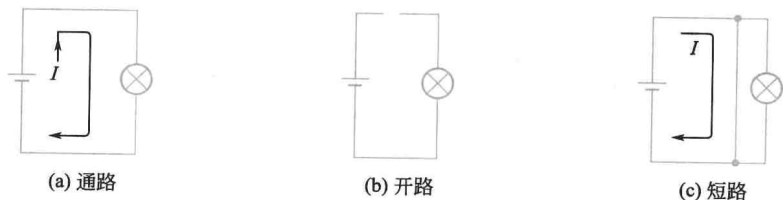


图 1-5 电路的三种状态

### 电路的三种状态说明

#### ● 通路

图 1-5 (a) 中的电路处于通路状态。电路处于通路状态的特点有: 电路畅通, 有正常的电流流过负载, 负载正常工作。

#### ● 开路

图 1-5 (b) 中的电路处于开路状态。电路处于开路状态的特点有: 电路断开, 无电流流过负载, 负载不工作。

#### ● 短路

图 1-5 (c) 中的电路处于短路状态。电路处于短路状态的特点有: 电路中有很大电流流过, 但电流不流过负载, 负载不工作。由于电流很大, 很容易烧坏电源和导线。

## 1.1.5 接地与屏蔽

### (1) 接地

接地在电子电路中应用广泛，电路中常用图 1-6 所示的符号表示接地。

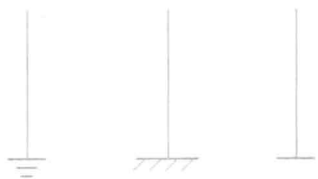


图 1-6 接地符号

### 接地符号含义说明

在电子电路中，接地的含义不是表示将电路连接到大地，而是表示：

① 在电路中，接地符号处的电位规定为 0。在图 1-7 (a) 电路中，A 点标有接地符号，规定 A 点的电位为 0。

② 在电路中，标有接地符号处的地方都是相通的。如图 1-7 (b) 所示的两个电路，虽然从形式上看不一样，但电路实际连接是一样的，故两个电路中的灯泡都会亮。

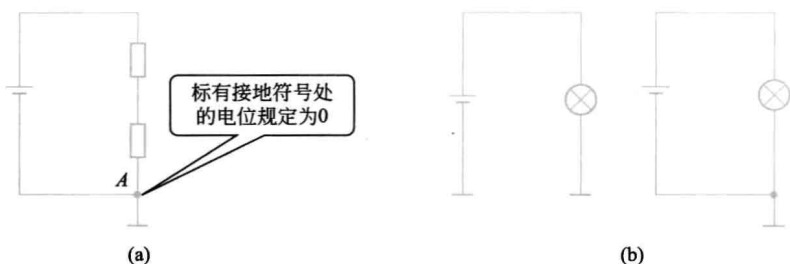


图 1-7 接地符号含义说明图

### (2) 屏蔽

在电子设备中，为了防止某些元器件和电路工作时受到干扰，或者为了防止某些元器件和电路在工作时产生信号干扰其他的电路正常工作，通常对这些元器件和电路采取隔离措施，这种隔离称为屏蔽。屏蔽常用图 1-8 所示的符号表示。



屏蔽的具体做法是用金属材料（称为屏蔽罩）将元器件或电路封闭起来，再将屏蔽罩接地。图1-9为带有屏蔽罩的元器件和导线，外界干扰信号无法穿过金属屏蔽罩干扰内部元件和线路。

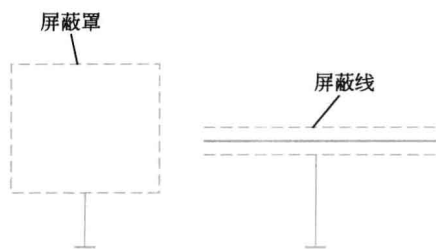


图1-8 屏蔽符号

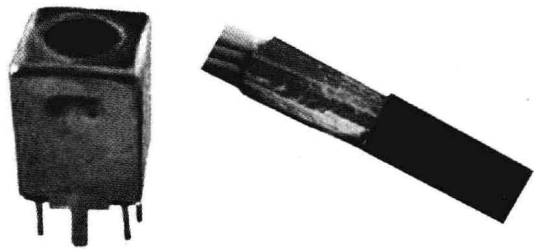


图1-9 带有屏蔽罩的元器件和导线

## 1.2 欧姆定律

欧姆定律是电子技术中的一个最基本的定律，它反映了电路中电阻、电流和电压之间的关系。欧姆定律分为部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

### 1.2.1 部分电路欧姆定律

部分欧姆定律内容是：在电路中，流过电阻的电流  $I$  的大小与电阻两端的电压  $U$  成正比，与电阻  $R$  的大小反比。即

$$I = \frac{U}{R}$$

也可以表示为  $U=IR$  和  $R = \frac{U}{I}$ 。

为了更好理解欧姆定律，下面以图1-10为例来说明。

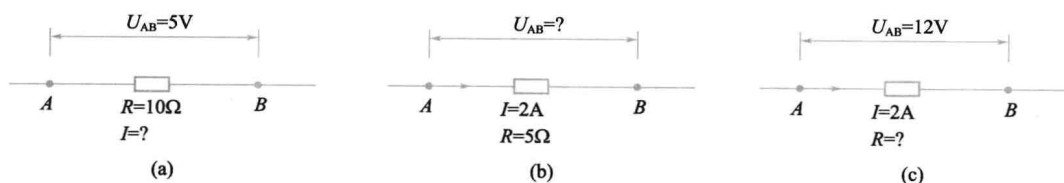


图1-10 欧姆定律的几种形式